

Jacques BERTAUX  
Laboratoire des formations superficielles, ORSTOM, Bondy

## ANALYSE MINÉRALOGIQUE QUANTITATIVE DES SOLS ET SÉDIMENTS PAR SPECTROMÉTRIE IR-TF

La quantification des différents composants de sédiments lacustres, dans le cadre de recherches en paléoclimatologie, fournit une bonne illustration des problèmes analytiques qui peuvent se poser en relation avec la nature de l'échantillon.

Ces sédiments sont composés d'une fraction organique parfois très importante (plus de 90 % de l'échantillon) et d'une fraction minérale cristallisée ou amorphe. Les dosages chimiques élémentaires ne donnent pas de renseignements sur les proportions des différentes phases minérales. Il faut avoir recours à une méthode de caractérisation minérale telle que la Diffraction X ou la Spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier. La Diffraction X, la plus couramment utilisée, n'est pas adaptée à des mélanges riches en matière organique et composés amorphes (silice amorphe d'origine biologique). Il faudrait procéder à une destruction de la matière organique, méthode fastidieuse, aléatoire et susceptible d'induire des artefacts.

La Spectrométrie IR utilisée depuis longtemps comme moyen de caractérisation aussi bien en chimie organique que minérale s'est révélée très adaptée à l'étude de tels échantillons. L'analyse quantitative se pratique sur l'échantillon broyé très finement. Elle a comme principe que :

- pour un composé donné, le spectre des absorptions dues aux différentes liaisons chimiques montre des intensités proportionnelles à la concentration du composé dans la préparation, ainsi que le montre la figure 1 pour le quartz.
- le spectre d'absorption infrarouge d'un mélange est égal à la somme des spectres de ses composants. Ceci est démontré pour un mélange quartz-kaolinite dans la figure 2.

On peut calculer la proportion des composants d'un mélange en pratiquant la décomposition linéaire du spectre IR du mélange en spectres IR individuels des composants, telle que montrée figure 3.

Figure 1 : Spectres IR pour différentes concentration de quartz. Trait plein = spectre mesuré ; trait pointillé = spectre simulé par décomposition linéaire.

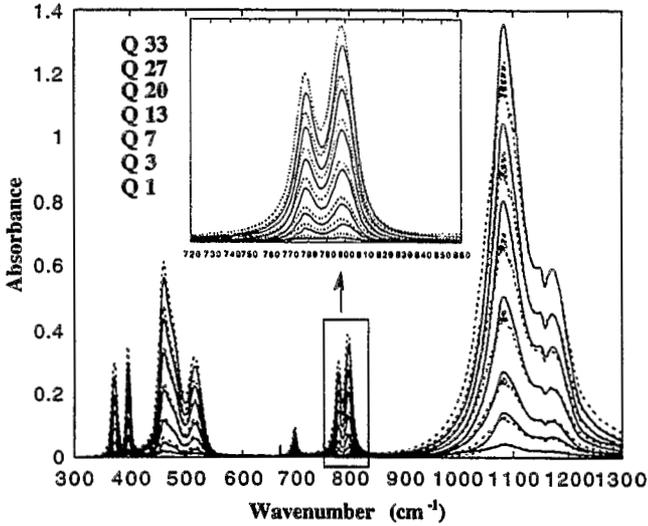


Figure 2 : Spectres IR du quartz, de la kaolinite et d'un mélange Quartz 40 % - Kaolinite 60 %. Pour le mélange : trait plein = spectre mesuré ; trait pointillé = spectre simulé par décomposition linéaire.

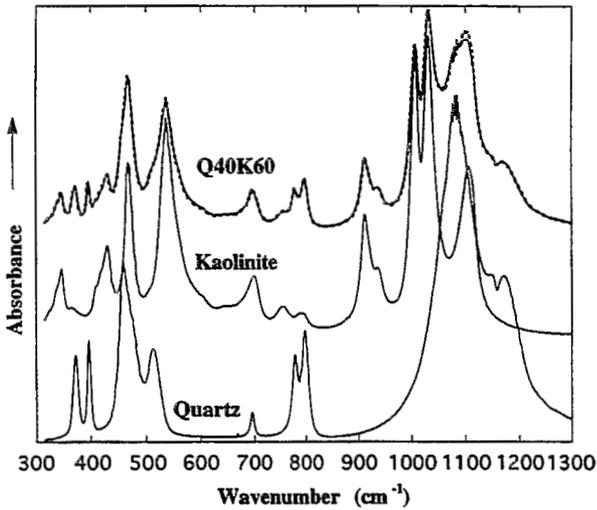
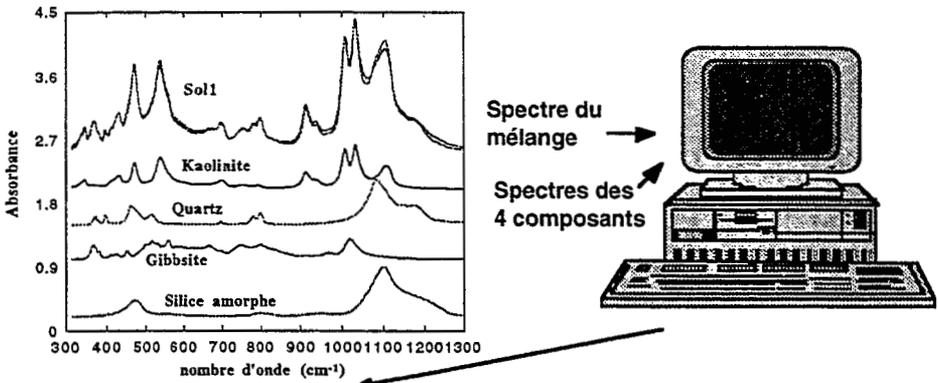


Figure 3 : Quantification minérale par spectrométrie Infrarouge.



La courbe sol1 est composée de:

la courbe Kaol 20% X 2,43 → 48,6% Kaol pour 50% pesée

la courbe Quartz 20% X 1,05 → 21% Qtz pour 20% pesée

la courbe Gibbsite 20% X 1,02 → 20,4 % Gib pour 20% pesée

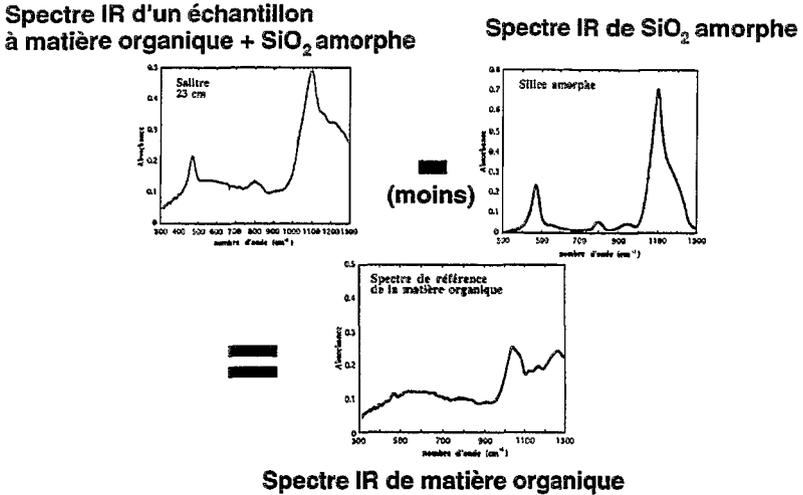
la courbe Sil. am. 24% X 0,38 → 9,1 % Si. am. pour 10% pesée

Dans le cas d'un sédiment naturel, il faut donc disposer de spectres étalons des différents constituants, mesurés à partir de phases pures. Ces spectres de référence sont faciles à obtenir pour des minéraux comme le quartz, mais posent problème pour les phases mal cristallisées ou les argiles. Diverses méthodes sont utilisées :

- séparation de phases à partir du sédiment lui-même. Si des phases apparaissent en particules suffisamment grosses pour être prélevées, cette méthode est la plus simple pour obtenir les spectres de référence.
- utilisation de la microscopie infrarouge. Il a été montré que la microscopie IR en transmission sur coupe mince (de l'ordre de 20 m) permet d'obtenir des spectres similaires à ceux mesurés à partir de pastilles de KBr.
- « banque de données » de phases minérales.

Dans le cas des sédiments lacustres, le spectre « étalon » le plus difficile à obtenir est celui de la fraction « matière organique ». Il est possible de tenir compte de l'absorption IR de cette matière organique (mélange complexe de particules organiques transportées ou produites in-situ) en procédant à des opérations sur les spectres des échantillons (« nettoyage » de la fraction minérale), comme le montre l'exemple de la quantification des phases minérales de sédiments lacustres de Salitre (Minas Gerais, Brésil) (fig. 4).

Figure 4 : Obtention du spectre IR de la matière organique dans le cas du sédiment de Salitre.



Cette méthode de calcul a été validée sur les sédiments de Salitre par la comparaison avec les données de Géochimie. La spectrométrie IR a permis de calculer les proportions de quartz, kaolinite, gibbsite, anatase et silice amorphe (essentiellement phylolithes). A partir de ces résultats on peut comparer (fig. 5).

- $\text{SiO}_2$  calculé de (quartz + silice amorphe +  $\text{SiO}_2$  de la kaolinite) avec  $\text{SiO}_2$  mesuré par ICP-AES,
- teneur en anatase ( $\text{TiO}_2$ ) avec  $\text{TiO}_2$  mesuré par ICP-AES.

On constate une parfaite concordance entre les deux méthodes.

Un autre intérêt de la spectrométrie infrarouge réside dans les informations qu'elle peut apporter sur la matière organique. En effet, les bandes d'absorption dues à cette fraction du sédiment nous renseignent sur la nature des groupements fonctionnels présents dans les fragments organiques (figure 6).

Ceci est un moyen de caractériser cette fraction organique, et peut fournir des indications sur son origine et son état de conservation.

Figure 5 : Résultats des analyses chimiques et minéralogiques de la carotte LC3 (Salitre). a : log stratigraphique schématique de la carotte LC3 ; b : variation de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  et des minéraux contenant  $\text{SiO}_2$  et  $\text{TiO}_2$  le long de la carotte : croix =  $\text{SiO}_2$  ou  $\text{TiO}_2$  (géochimie) mesuré par ICP-AES ; cercles =  $\text{SiO}_2$  ou  $\text{TiO}_2$  calculé à partir de l'analyse minérale quantitative par spectrométrie IR.

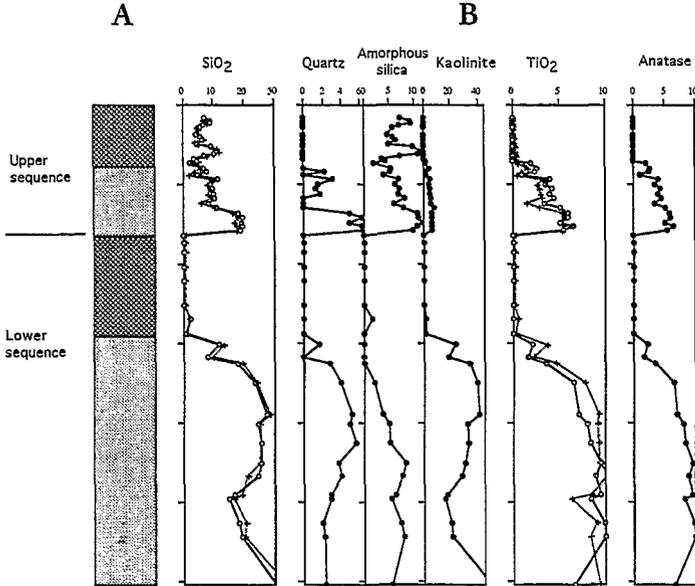


Figure 6 : Différentes fonctions chimiques de la matière organique dans le spectre infrarouge d'un sédiment de Salitre.

